



XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2013
Centro de Convenções "Arquiteto Rubens Gil de Camillo"- Campo Grande -MS
27 a 31 de julho de 2014



MÉTODOS EMPÍRICOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA PIRIPIRI, PIAUÍ.

AURELIANO A. RIBEIRO¹, ADERSON S. ANDRADE JÚNIOR², EVERALDO M. SILVA³,
MARCELO SIMEÃO⁴, REGIANA S. MOURA⁴

¹ Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, mestrando em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal do Piauí, Rod. BR 135, Km 3, CEP: 64900-000, Campus Cinobelina Elvas, Bom Jesus-PI, email:alburibeiro@hotmail.com

² Eng. Agrônomo, pesquisador Embrapa Meio-Norte, Teresina/PI

³ Doutor em Eng. de Sist. Agrícolas, Professor da Universidade Federal do Piauí, Campus Cinobelina Elvas, Bom Jesus-PI

⁴ Eng. Agrônomo(a), mestranda em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal do Piauí.

RESUMO: O conhecimento da evapotranspiração de referência é fundamental para se determinar a lâmina correta de irrigação, evitando assim, o desperdício de água ou a sua aplicação deficitária. O presente estudo teve como objetivo avaliar, para as condições de Piripiri- PI, diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (Hargreaves-Samani, Ivanov, Jensen-Haise, Blaney-Criddle e Priestley-Taylor) comparando-os com o método padrão de Penman-Monteith-FAO. A estimativa da ETo foi feita para o período anual, chuvoso (janeiro a maio) e seco (junho a dezembro). Os dados meteorológicos foram obtidos de 01 de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2012 na estação meteorológica convencional, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), situada no município de Piripiri, PI (04° 20' 00,4" S; 41° 43' 52" W; Alt. 164 m). Foram coletados dados diários das temperaturas máxima (T_{máx}), média (T_{méd}) e mínima (T_{mín}) do ar, insolação, umidade relativa média do ar (UR_{méd}), precipitações e velocidade do vento a 10 m de altura, sendo posteriormente convertida para 2 m. Concluiu-se que o método de Hargreaves- Samani foi o que apresentou melhor desempenho nas três escalas de tempo avaliadas (anual, chuvoso e seco).

PALAVRAS CHAVE: agricultura, dados meteorológicos, manejo da irrigação

EMPIRICAL METHODS OF ESTIMATING REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION TO PIRIPIRI, PIAUÍ

ABSTRACT: Knowledge of reference evapotranspiration is crucial to determine the correct water depth, thus avoiding wastage of water or its loss application. The present study have as objective evaluate for the conditions of Piripiri -PI, different methods of estimating reference evapotranspiration (Hargreaves - Samani, Ivanov, Jensen-Haise , Blaney-Criddle and Priestley-Taylor) comparing them with the standard method Penman-Monteith-FAO. The ETo estimation was made for the annual rainy (January-May) and dry (June - December) season. Meteorological data were obtained from January 1, 2008 to December 31, 2012 in conventional weather station , the National Institute of Meteorology (INMET), located in the municipality of Piripiri, PI (4 ° 20 ' 00,4 " S, 41 ° 43 '52 " W; Height 164 m). Daily data of maximum (T_{max}), mean (T_{med}) and minimum (T_{min}) air were collected, sunshine ,average relative humidity of air (UR_{méd}), precipitation and wind speed at 10 m height , and subsequently converted to 2 m. It was concluded that the method of Hargreaves-Samani showed the best performance in the three scales evaluated time (annual, wet and dry).

KEYWORDS: Agriculture, meteorological data, irrigation management

INTRODUÇÃO: A estimativa adequada da evapotranspiração da cultura (ET_c) consiste no principal parâmetro a ser considerado no dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação, uma vez que ela totaliza a quantidade de água utilizada nos processos de evaporação e transpiração pela cultura, durante determinado período. De forma bastante simplificada, a ET_c pode ser obtida através do valor da evapotranspiração de uma cultura de referência (ET_o) corrigida pelo coeficiente da cultura (K_c), que depende do tipo de cultura e de seu estágio de desenvolvimento (SILVA et al., 2009). Bernardo et al. (1996) relatam que a evapotranspiração de referência (ET_o) pode ser determinada por métodos diretos e indiretos. O método direto (lisímetro), apesar de apresentar ótimos resultados, utiliza equipamentos de custo muito elevado, tornando-se inviável sua utilização no manejo da agricultura irrigada no dia a dia. Já os métodos indiretos oferecem a estimativa da ET_o, sendo o método Penman-Monteith-FAO considerado padrão. Outros métodos são utilizados para se estimar a evapotranspiração de referência, como os métodos Radiação Solar, Makkink, Linacre, Jensen-Haise, Camargo, Ivanov, Hargreaves-Samani, Tanque Classe “A” e outros. Para a utilização do método padrão-FAO são empregados dados de temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR), radiação solar (R_s) e velocidade do vento (V). Os produtores rurais, contudo, nem sempre dispõem desses dados, sendo necessária a utilização de métodos mais simples para o cálculo de ET_o (GONÇALVES et al., 2009). Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho dos métodos empíricos para a estimativa da ET_o: Hargreaves-Samani, Ivanov, Jensen-Haise, Blaney-Criddle e Priestley-Taylor, no período anual, chuvoso e seco, comparando com o método padrão de Penman-Monteith FAO-56, na cidade de Piripiri- PI, visando orientar o manejo da irrigação no Perímetro Irrigado do açude Caldeirão.

MATERIAL E MÉTODOS: O presente estudo foi realizado utilizando dados meteorológicos obtidos entre o período de 01 de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2012, na estação meteorológica convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), situada no município de Piripiri, PI (04° 20' 00,4" S; 41° 43' 52" W; Alt. 164 m). O clima na região é classificado como Aw', segundo Köppen, com precipitação média anual de 1.400 mm, máxima de 1.600 mm e mínima de 1.000 mm (JACOMINE et al., 1996). Foram coletados dados diários das temperaturas máxima (T_{máx}), média (T_{méd}) e mínima (T_{mín}), insolação, umidade relativa média do ar (UR_{méd}), precipitações e velocidade do vento a 10 m de altura, sendo posteriormente convertida para 2 m. Os dados analisados foram divididos em três períodos: anual, seco e chuvoso. Estabeleceu-se como período seco, o período compreendido pelos meses de junho a dezembro e o período chuvoso entre os meses de janeiro a maio (Tabela 1).

Tabela 1. Períodos selecionados com seus respectivos anos, meses e dias com disponibilidade de dados para a cidade de Piripiri-PI.

Estação	Período	Anos	Nº de meses	Dias com dados disponíveis
Piripiri	Anual	2008 a 2012	60	1830
	Chuvoso	2008 a 2012	25	760
	Seco	2008 a 2012	35	1070

Os métodos utilizados para a estimativa da ET_o foram: Hargreaves-Samani (HS), Ivanov (IVN), Jensen-Haise (JH), Blaney-Criddle (BC) e Priestley-Taylor (PT). Todos foram comparados ao método de Penman-Monteith (PM), considerado padrão pela FAO. Para a análise comparativa entre os métodos avaliados e método padrão de PM, foram realizados cálculos de estimativa de erro padrão (EEP), dos coeficientes de determinação (R²) e correlação (r), o índice *d* proposto por Willmott et al. (1985) e o coeficiente *c* de desempenho, que é o produto do coeficiente *r* com o índice *d* (CAMARGO & SENTELHAS, 1997). Os cálculos foram realizados com a utilização do software Microsoft Office Excel® (2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Tabela 2, encontram-se o coeficiente de determinação (R²), coeficiente de correlação (r), estimativa do erro padrão (EEP), índice de concordância (d), índice de confiança ou desempenho (c) nas escalas diárias para o período anual, chuvoso (janeiro a maio) e período seco (junho a dezembro) de 01 de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2012 para a cidade de Piripiri, Piauí.

Tabela 2. Coeficiente de determinação (R^2), coeficiente de correlação (r), estimativa do erro padrão (EEP), índice de concordância (d) e índice de confiança ou desempenho (c) nas escalas diárias para o período anual, chuvoso (janeiro a maio) e período seco (junho a dezembro) de 01 de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2012 para a cidade de Piripiri, Piauí.

Período anual						
Métodos	EPE	R^2	r	D	c	Desempenho
HS	0,97	0,60	0,77	0,98	0,75	Bom
IVN	1,58	0,37	0,60	0,99	0,59	Sofrível
JH	1,27	0,44	0,66	0,95	0,62	Bom
BC	1,46	0,32	0,56	0,98	0,54	Sofrível
PT	1,53	0,42	0,64	0,99	0,41	Mau
Período chuvoso						
HS	0,83	0,53	0,72	0,99	0,71	Bom
IVN	0,58	0,49	0,70	0,97	0,67	Bom
JH	1,58	0,36	0,60	0,94	0,56	Sofrível
BC	1,05	0,30	0,54	0,90	0,49	Mau
PT	1,79	0,22	0,46	0,97	0,45	Mau
Período seco						
HS	0,96	0,58	0,76	0,95	0,72	Bom
IVN	1,43	0,27	0,51	0,98	0,50	Mau
JH	1,12	0,23	0,47	0,97	0,46	Mau
BC	1,56	0,49	0,70	0,92	0,45	Mau
PT	1,64	0,45	0,67	0,98	0,65	Mediano

HS= método de Hargreaves-Samani; IVN= método de Ivanov; JH= método de Jensen-Haise; BC= Blaney-Criddle; PT= método de Priestley-Taylor; EEP= estimativa do erro padrão; R^2 = coeficiente de determinação; r = coeficiente de correlação; d = coeficiente de concordância; c = coeficiente de desempenho.

Na análise dos resultados obtidos no período anual, os melhores métodos dentre os estudados foram os de Hargreaves-Samani (HS) com desempenho Bom ($c=0,75$; $d= 0,98$; EEP= $0,97 \text{ mm.dia}^{-1}$) e de Jensen-Haise (JH) , também com Bom desempenho ($c= 0,62$ e $d= 0,95$), porém maior estimativa de erro padrão (EEP), implicando na aplicação de maiores lâminas de irrigação. Os demais métodos apresentaram desempenho caracterizado como Sofrível, com exceção do método de Priestley-Taylor (PT), com índice $c = 0,41$, caracterizado como desempenho Mau e com alta estimativa de erro padrão (EEP = $1,53 \text{ mm dia}^{-1}$). O melhor desempenho dos métodos de Hargreaves-Samani e Jensen-Haise justifica-se em virtude dos mesmos terem sido desenvolvidos para a aplicação nas áreas irrigadas de regiões áridas e semiáridas, semelhante às condições climáticas encontradas na área onde este estudo foi desenvolvido (Back, 2006; Medeiros, 2008). De acordo com Allen (1986) o método de Priestley-Taylor (PT) com $\alpha = 1,26$ subestima a ETo quando se tem uma alta advecção, caso a advecção se apresente baixa as estimativas de ETo são boas, justificando o baixo desempenho desse método no presente estudo. Sentelhas et al. (2010) propõe a calibração locais de “ α ” para obter melhores resultados nas estimativas de ETo. Na análise dos resultados obtidos no período chuvoso (janeiro a maio), os melhores desempenhos foram constatados para os métodos de Ivanov (IVN) ($c=0,67$) e Hargreaves-Samani ($c=0,71$), ambos com desempenho Bom. Os métodos de Jensen-Haise (JH) e Blaney-Criddle apresentaram desempenho inferior ao verificado no período anual, sendo classificados como Sofrível ($c=0,56$) e Mau ($c=0,49$), respectivamente. O método de Priestley-Taylor continuou apresentando o mesmo desempenho, classificado como Mau ($c=0,45$). Silva (2013), comparando métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ETo), observou que em Piripiri-PI, o método de Hargreaves-Samani (HS) quando comparado com o período anual, também permaneceu com o mesmo desempenho. Para o período seco (junho a dezembro), o método de Hargreaves-Samani (HS) continuou apresentando o mesmo desempenho em relação ao período anual e chuvoso: Bom ($c= 0,72$). Os método de Ivanov (IVN) e Jensen-Haise (JH) apresentaram o pior desempenho ($c=0,50$, Mau; $c=0,46$, Mau, respectivamente) quando comparado ao período anual e chuvoso. O método de Blaney- Criddle apresentou o mesmo desempenho ($c=0,46$, Mau) em relação ao

período chuvoso e superior em relação ao período anual, enquanto que o de Priestley-Taylor (PT) foi superior ($c=0,65$, Mediano) em relação a estes dois períodos. Silva (2013), observou que em Piripiri-PI, no período seco, o método de Hargreaves-Samani também apresentou o mesmo desempenho verificado no período chuvoso e anual, variando de mau a péssimo, portanto, desempenho inferior ao obtido no presente estudo.

CONCLUSÃO: Dentre os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) avaliados, o que apresentou o melhor desempenho nas três escalas de tempo foi o de Hargreaves-Samani (HS).

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G. A Penman for all seasons. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.112, n4, p.348-368, 1986.
- BACK, A. J. Desempenho d métodos empíricos baseados na temperatura do ar para estimativa da evapotranspiração de referência em Urussanga, SC. **Revista Irriga**, v. 13, n. 4, 2008.
- BERNARDO, S.; SOUSA, E. F.; CARVALHO, J. A. **Estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o), para as “áreas de baixada e de tabuleiros” da região Norte Fluminense.** Campos dos Goytacazes: UENF, 1996. 14 p. Boletim Técnico.
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, 1997.
- GONCALVES, F. M.; FEITOSA, H. de O.; CARVALHO, C. M. de; GOMES FILHO, R. R.; VALNIR JUNIOR, M. Comparação de métodos da estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Sobral – CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.3, n.2, p.71–77, 2009.
- JACOMINE, P. K. I. (Coord.). **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Piauí**: Rio de Janeiro: EMBRAPA SNLCS/SUDENE, 1996.v.1.
- MEDEIROS, P. V. **Análise da evapotranspiração de referência a partir de medidas lisimétricas e ajuste estatístico de estimativas de nove equações empírico-teóricas com base na equação de Penman-Monteith.** São Carlos, 2008. 241p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento), Universidade de São Paulo, São Carlos.
- SENTELHAS, P.C.; GILLESPIE, T. J.; SANTOS, E. A. Evaluation of FAO Penman–Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canada. **Agricultural Water Management**, v. 97, p. 635–644, 2010.
- SILVA, C. O. **Avaliação de métodos para estimativa da evapotranspiração de referência no estado do Piauí.** 2012. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.
- SILVA, V. de P. R.; CAMPOS, J. H. B. C.; AZEVEDO, P. V. de. Wateruse efficiency and evapotranspiration of mango orchard grown in northeastern region of Brazil. **Scientia Horticulturae**, v.1, n.120, p.467-472, 2009.
- WILLMOTT, C.J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, R. E.; FEDDEMA, J. J.; KLINK, K. M.; LEGATES, D. R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C. M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, v. 90, n. C5, p. 8995-9005, september 20, 1985.